

## 4. A NÖVÉNYTERMESZTÉS ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS ÖSSZEFÜGGÉSEI

BIRKÁS MÁRTA–JOLÁNKAI MÁRTON

### Összefoglaló megállapítások, következtetések, javaslatok

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodást a növénytermesztésben a termelők hozzáállása eredményessé teheti, de ismeretek hiányában ellehetetlenítheti (vö. a szélsőségek ellenére sokan nem hisznek benne, ezért nem is tesznek erőfeszítéseket a kárcsökkentés érdekében).

Az alkalmazkodás legfontosabb teendői a talajhoz, a vízhez és a szerves anyaghoz kapcsolódnak. Nem várható eredményes klímakár csökkenés akkor, ha megmarad a talaj szerkezetét romboló, a nedvesség és a szén kiáramlását fokozó, a talajok vízbefogadását korlátozó művelés gyakorlata. A zöldenergia-előállítás félreértelmezése, a tarlómaradványok fűtőanyagnak eladása rövid időn belül a talajok klímával szembeni érzékenységeinek fokozódásához vezet. A klímakár csökkentés legfontosabb feladatai a talajok szerves anyagának és szerkezetének védelme, a talajok vízbefogadó, tároló és vízmegtartó képességének javítása. A teendők összefoglalva:

- A nedvességforgalmat akadályozó tömör rétegtől mentes állapot létrehozása vagy megtartása arra alkalmas eljárásokkal.
- Tömörödési kár esetén megfelelő mélységű átlazítás, vízvesztő felület kiképzése nélkül.
- A felszín takarása zúzott tarlómaradványokkal, idényen kívül talaj- és nedvesség-védelmi célból, a tenyészidőben a hőstressz csökkentése érdekében.
- Nedvesség-, szén- és szerkezetkímélő alpművelés bármely idényben és talajon.
- Kis vízvesztő felület kialakítása, bármely idényben, ősszel is (kivéve az erózió veszélyeztette talajokat).
- A magágykészítés és vetés közti időszak lerövidítése (pl. egymenetes mód alkalmazása) a nedvesség- és szénkímélés érdekében.

### Bevezetés

A talajművelés sajátos helyet foglal el a klímahatásokat befolyásoló gazdálkodási tényezők között. A kedvezőtlen közgazdasági körülményekre a művelési gyakorlat rövid időn belül reagál, a klímaváltozásra – kivételektől eltekintve – sajnálatosan lassabban. Az előbbi, a gyorsabb válasz ellenére sem megnyugtató, mivel nem csak a költséges, hanem a talajminőség fenntartása érdekében szükséges eljárások maradnak el. A növénytermesztés külső és belső körülményeihez való alkalmazkodás a globális klímaváltozást megelőzően is a termésstabilitás fenntartásának hátterét

adta. Az alkalmazkodás talajművelési szempontból többnyire kihasználatlan maradt (Várallyay, 2007b). A termesztésre kedvezőbb években ugyanis elhanyagolható veszteségek keletkeztek, ezért a talaj, a talaj állapota vagy minősége csak az ún. veszteséges években, és utólag került vizsgálat alá (Birkás et al., 2004; Jug et al., 2007). A VAHAVA jelentésben (Láng et al., 2007) fontos előrelépés történt, a talaj minőségét, klímaérzékenységet a növénytermesztés jövőbeni esélyeit alapvetően befolyásoló tényezők közé sorolták. A talajminőség-javító művelést a klímakár enyhítése eszközének, hiányát nagy valószínűséggel klímakár-fokozó tényezőknek tekinthetjük (Birkás – Jolánkai et al., 2007). A szántóföldi vizsgálataink arra utalnak, hogy a talajhasználat tökéletlensége – ide értve a hiányos művelést, trágyázást vagy növényvédelmet – esetén a veszteségeknek csak egy részét befolyásolhatták klímaelemek (pl. a csapadékhány), a másik, sokszor nagyobb része komplex hatások (pl. nagy vízvesztesség egyes művelések hatására) nyomán keletkezett. Dolgozatunk ehhez a gondolatkörhöz kapcsolódik. Összefüggéseket kerestünk a klimatikus viszonyok, a talaj nedvességtartalma, állapota és a növények fejlődése, klímaérzékenysége, a talaj bolygatottsága és használata között. A kutatási feladatok kiterjedtek a talajminőségtől függő klímakár-kockázatok felfedezésére, a talajhasználat és a klímahatások közti kapcsolat bemutatására, a vízmérleg és a talajállapot összefüggéseinek értékelésére, a lehetséges műveléstechnológiai válaszadás feltételeinek bemutatására. A megváltozott művelési technológiák hatásait agronómiai és agroökológiai szempontból elemeztük. A kutatás eredményeként klímaszcenáriókhöz adaptált talajművelési technológiai javaslatokat tettünk, megfogalmaztuk a talaj minőségét javító, klímaérzékenységeinek csökkenését elősegítő talajhasználat feladatait.

## A kutatás körülményei és módszerei

A talajhasználat és a klímaváltozás kölcsönhatásait a 2006–2008. években, hat kezeléssel talajminőség – klíma tartamkísérletben, tizenkét kezeléssel, évente ismételt tarló – klíma kísérletben, továbbá 43 termőhelyen, talajállapot-monitoring során tanulmányoztuk.

### A talajminőség – klíma tartamkísérlet

A kísérletet 2002-ben állítottuk be Hatvan körzetében, a *Szent István Egyetem GAK Kht. József-majori Kísérleti és Tangazdasága* területén. A kísérlet négyismétléses, sávos véletlen elrendezésű, a parcellaméret 975 m<sup>2</sup>. A talaj mészlepedékes csernozjom (*Calcic Chernozem*), fizikai félesége vályog, kémhatása kissé savanyú. A talaj tápanyagtartalmához mérten optimális NPK műtrágyaadagot fővetésű növények alá (összesen 450 kg ha<sup>-1</sup>, növényenként szükséges arányban), az integrált termesztés szabályai szerint alkalmaztunk. Az évi átlagos csapadék 580 mm; ennél 2006-ban 104 mm-rel, 2008-ban, szeptember 1-ig 120 mm-rel hullott több,

2007-ben 33 mm-rel kevesebb. A csapadék eloszlása szélsőséges volt, száraz és nedves periódusok váltakoztak havonta és idényen belül.

A kísérlet művelési kezelése – amelyek mindegyike talajkímélő – a következők voltak: 1. szántás (26–32 cm), *forгатásos*. 2. lazítás (40–45 cm), *gyökérzóna javító*. 3. kultivátoros (16–20) cm (2007-től 20–22 cm), *mulcshagyó*. 4. sekély lazításos (12–16 cm), *mulcshagyó*. 5. tárcsás (16–20 cm), *keverő*. 6. direktvetés, *mulcs-vetés-es* (2006-ban réseléses lazításra volt szükség). Az 1–5. kezelések összes menetszáma 3, vagyis tarlóművelés, alapművelés (az 1, 2, 3, és 5. kezeléseknél elmunkálás-sal), valamint magágykészítés és vetés egy menetben.

A projektet megelőző években fővetéssel őszi búzát, tarlóvetéssel védőnvényeket (mustár, borsó) termesztettünk. A projekt éveiben alkalmazott áru-, takarmány- és védőnvények: 1. őszi búza (*Triticum aestivum* L.): 2005/2006; 2. facélia (*Phacelia tanacetifolia*, védőnvény): 2006; 3. kukorica (*Zea mays* L.); 4. napraforgó (*Helianthus annuus* L.): 2008.

A talajminőség és a klíma befolyásának tanulmányozása céljából releváns vizsgálatokat végeztünk a talajállapot elbírálására (lazultság, lazult réteg változása, agronómiai szerkezet és morzsásodás változása, nedvességtartalom- és forgalom, gilisztaszám és felszíntakartság, (Birkás, 2008; Darócz, 2005a,b; Jug et al., 2007; Soane, 1990). A CO<sub>2</sub> flux, a szénbevitel és veszteségszámítást Koós et al. (2005), Tóth et al. (2005), Tóth és Koós (2006) és La Scala et al. (2006) nyomán elemeztük. A növények reakcióit a kelés, kezdeti fejlődés, magasság, földfeletti és gyökértömeg, gyökerezés mélysége, termés, termésminőség, gyomborítottság, kártevők és kórokozók alapján vizsgáltuk (Kvaternjak et al., 2008). A talajállapot és a növények fejlődése összefüggéseit kockázatelemzéssel (ISO 9000:2000) is értékeltük.

### A tarló – klíma kísérlet

A tarlóművelések minősége és a klímahatás közti összefüggéseket őszi búzatarlón 2005 óta tanulmányozzuk a *Szent István Egyetem GAK Kht. József-majori Kísérleti és Tangazdasága* területén. A talaj- és csapadékviszonyok egyezőek a talajminőség – klíma kísérletnél leírtakkal. A négy év során száraz és csapadékos, illetve szélsőséges periódusok egyaránt előfordultak.

A projekthez tartozó vizsgálatok időtartama a következő: 2006. júl. 26.–szept. 25. (60 nap), 2007. júl. 9.–okt. 11. (90 nap), 2008. júl. 13.-tól (80 nap). A 12 kezelés leírását részletesen publikáltuk (Birkás – Jolánkai et al., 2007). A kontroll hántatlan tarló, a kezelések között különböző eszközökkel végzett sekély és mélyebb művelés szerepel, elmunkált, illetve elmunkálatlan felszínt hagyva. Ezzel a gyakorlatban elterjedt okszerűtlen, jó (ajánlott) és megfelelő módokat modelleztük. A kísérletben releváns módon vizsgálatok: tarlómaradvány-borítottság (%); talajba kevert tarlómaradvány-tömeg; a talaj nedvességtartalma (0–60 cm) és ellenállása (MPa-ban, Daróczy 2005 nyomán); hőmérséklete (0–80 cm), agronómiai szerkezete, vagyis a rög (>10mm), a morzsa (2,5–10mm), a kismorzsa (0,25–2,5mm) és a por (<0,25mm) aránya. A szén-dioxid-kibocsátást TESTO 535 kézi gázanalizátorral

mértük, és a fentebb leírt módon értékeltük. A földigilisztaszámot ( $\text{db m}^{-2}$ ) a talaj 0–15 cm-es rétegében, kiemelt talajból elkülönítéssel határoztuk meg (ISO 23611-1:2006). Kiegészítő jelleggel vizsgáltuk a gyom- és árvakelés borítottságát, a kártevők és kórokozók jelenlétét.

## Talajállapot monitoring

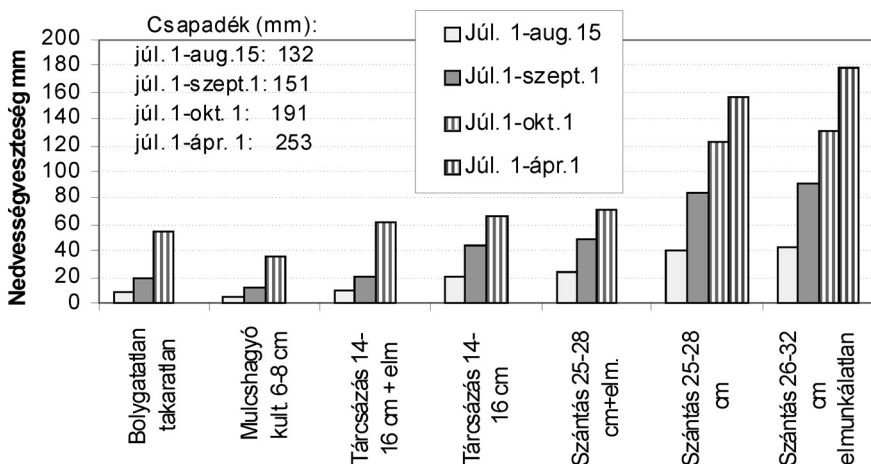
A vizsgálatokat a hazai talajok állapotának felmérése, a klímaváltozásra való gazdálkodói felkészülés elbírálása céljából végeztük. A talaj lazultságát borszondával (0–60 cm) és penetrométerrel (0–60 cm) mértük, és mintákat vettünk az agronómiai szerkezet száraz szitálásos meghatározására (*Dvoracsek* nyomán). A projekt ideje alatt 43 termőhely állapotát mértük fel: *Bácsbokod, Bekecs, Belvárdgyula, Biharkeresztes, Bóly, Cegléd, Dalmand, Dombóvár, Dióskál, Dunapataj, Elek, Hajdúböszörmény, Hajdúnánás, Hajdúszoboszló, Harta, Hatvan, Heréd, Hódmezővásárhely, Jászberény, Jászboldogháza, Kápolnásnyék, Karád, Kartal, Kiskunlacháza, Kislippó, Letenye, Mezőhegyes, Mosonmagyaróvár, Nagyvenyim, Orosháza, Öcsöd, Pitvaros, Székesfehérvár, Szentes, Szerencs, Szil, Tímár, Tiszavasvári, Törökszentmiklós, Tura, Túrkeve, Várong, Zsadány.*

## A talajminőségtől függő klímakár-kockázatok

A talaj minőségét természetes (pl. fizikai féleség, agyagtartalom, humusztartalom, eredeti termékenység, kémhatás) és gazdálkodás által befolyásolt tényezők (pl. fizikai és biológiai állapot, hordképesség, tápanyag-ellátottság, szerkezet, nedvességforgalom, humuszmérleg) határozzák meg. A minőségtényezők kedvező összhangja esetén a talaj megújulásra képes, és a klímaérzékenysége relatíve kicsi (*Várallyay, 2007a*). Az összhangot ritkábban természeti, gyakrabban művelési és talajhasználati hibák bontják meg. Az alábbiakban a klímakár kockázatát növelő gazdálkodási hibákat mutatjuk be.

### 1. A nyári művelések hatása a talaj nedvességforgalmára (a lehetőség és a tények kapcsolata).

A 2007. év első (aszályos) félévére jellemző klímakörülmények objektív megítélését segíti az 4.1. ábra. Mint ismert, a lehullott csapadék hasznosulása sem teljes, a veszteségek miatt legfeljebb 80–90%. A 2006. júliustól 8–9 hónapig elmulasztatlan, mélyen bolygatott talajokon az enyhe tél és kora tavasz folyamán nagy (158–180 mm), a termés mennyiségét is befolyásoló vízvesztés következett be. A mélyen kiszáradt talajokon a tavaszi vetések hiányosan keltek, számos termőhelyen gyenge termést adtak. A vízhiány előidézése folytán a termésbiztonság egyik fő feltétele nem teljesült. Ugyanakkor a nedvességekímélő művelés hatékonysága több szempont (az alapművelések 28–44%-kal kisebb energiaigénye, jó kelés, a ráfor-



4.1. ábra. Művelt talajok nedvességvesztése (2006. júl. 1.–2007. ápr. 1.)

Számítás: Szász – Tőkei, 1997 nyomán:  $E = (W_0 + P) - W$ , ahol:

E = az időszak alatt elpárolgott vízmennyiség;  $W_0$  = a talaj nedvességtartalma adott időszak elején;

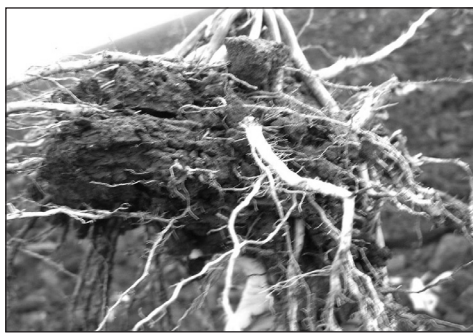
P = az időszak alatt lehullott csapadék; W = a talaj nedvessége adott időszak végén

dításokat tükröző termésszint, legfeljebb 10–15% aszálykár miatt termésvesztés) szerint újjólag igazolódott.

2. A talajállapot elhanyagoltsága (tömör réteg a talajban 10, 15, 20, 25 cm alatt, 5–10–15 cm kiterjedéssel, 4.2–4.3. ábra). A tömörödés aszálykárrkockázatát elsősorban a felszínhez közeli elhelyezkedés és a nagy kiterjedés növeli. A monitoring a 2007. tenyészidőben a legfontosabb szántóföldi növényekre terjedt ki (őszi búza, kukorica, napraforgó, repce, cukorrépa). Újjólag igazolódott a talajművelés minőségének túlbecsülése. Adott termőhelyen a terméskülönbségek – hasonló csapadék, trágyázás mellett – a talajállapot és a művelések eltérései folytán alakultak ki.



4.2. ábra. Tárcsatalp tömörödés a 8–10 cm mélységben



4.3. ábra. Kukoricagyökér fejlődése eketalp tömörödés estén

3. A talajállapot – a kockázat – ismeretének hiánya (bármely növény esetében). A 2006. évi talajállapot-minősítési bemutatókon bebizonyosodott, hogy számos esetben az ellenőrzés (kockázatismeret) helyett a „szemre minősítés” dívik.



Az alkalmazkodó művelésre áttérni nem szándékoznak a szántás, a tárcsás alapművelés vagy elmunkálás minőségét ellenőrzés nélkül jónak, a lazításos vagy kultivátoros művelését rossznak minősítik. E tapasztalatok nyomán kezdtük el az egyszerű talajállapot-minősítési módszerek tanítását, kihasználva a szántóföldi termesztési és művelési bemutatók lehetőségeit.

4. *Tömörödéssel lerontott talajon tárcsás sekélyművelés alkalmazása a következő növény alá.* Ez a kockázati tényező is a kialakult talajállapot túlbecsüléséből fakad. A 2007. áprilisi és májusi talajállapot-monitoring 100 különböző termőhely felén tárcsatalp-tömörödést igazolt a felszínhez közel, őszi búza és repce-földeken. A termés az elvárthoz képest 28–46%-kal lett kisebb. A kockázat a vízzáró réteget át nem munkáló sekélyművelés miatt lépett fel. Ennek ellenkezője következett be 2008. 1. félévben (4.4. ábra). A talajállapot-monitoring szerint a sekély lazult réteg rendszeres beázása enyhítette a talptömörödés kockázatát. A tapasztalatok nyomán sem ajánlott az időjárás jótekonyságának túlbecsülése.



4.4. ábra. Tárcsatalp tömörödés őszi búza alatt (2008)

5. *Az őszi szántások őszi elmunkálása.* Az enyhébb – s gyakran szeles – késő őszi és téli időszakban nő a vízvesztés kockázata az elmunkálatlan talajokon. A 2007. évi aszálykár a tavaszi vetésű növényekben ott volt a legsúlyosabb, ahol nyár végétől áprilisig elmunkálatlan területet hagytak (4.5–4.6. ábra). A szematikus megoldásokat kerülni kell, mivel a nedves talajok művelése önmagában is kockázat, amelyet a talaj összegyúrása súlyosbít. A kései szántásokat 2008. januárban lehetett talajkárosítás nélkül elmunkálni. A jól időzített szántáselmunkálás ápr. 15-ig 28–36 mm nedvesség megtartását tette lehetővé. Tartamkísérletünkben a szántásvariáns elmunkálással együtt teljes, ennek köszönhető számos talajminőség-jellemző javulása.



4.5. *ábra.* Elmunkált, vízkímélő nyári szántás



4.6. *ábra.* Elmunkálatlan, ősszel és télen is vízvesztő felület

6. *A talajfelszín takaratlansága széles sorközü növényekben.* A vízveszteség és a hőstressz értelemszerűen aszályos időszakban válnak kockázati tényezővé. A felszín takarásával mindkét kár enyhül, ugyanakkor kórtanilag hasonló növények sorrendje esetén más jellegű kockázattal kell számolni. A felszín-takarás kockázatát az okszerű növényvédelem minimálisra csökkenti.
7. *A talajok hiányos tápanyag-ellátottsága* a növények nagyobb vízigénye, rosszabb vízhasznosítása okán minősül kockázati tényezőnek. A közeljövőben, hogy a műtrágyaárak emelkedése miatt vélhetően csökken a kereslet, szűkebb körű, a talajok ellátottságához és a növények igényéhez nem igazodó alkalmazás, ezáltal növekvő kockázat valószínűsíthető.
8. *A klímához nem igazodó gyomirtás.* A gyomosság a nagy vízfelhasználás miatt kockázati tényező. A klímaváltozás több gyomfaj terjedésének kedvez, és hozzájárul a talajba került magvak túlélési periódusának kitolódásához. Az esősebb időszakot követő gyomkelés és gyomborítottság a talajok tényleges fertőzöttségét mutatja. A kockázat a mechanikai és a kémiai védelem kombinálásával csökken. A kémiai gyomszabályozás a tarlókon előnnyel járhat, a költség reális, a leperzselt növények mulcsa előbb védő, majd a talajba juttatva szerves anyagként hasznosul.
9. *A megváltozott körülményekhez alkalmatlan eszközök.* A hagyományos rendszereket a külön menetes módok jellemzik, alkalmazásuk kockázata szélsőséges idényben nagy, jó csapadékellátottságnál kisebb. A kockázatsökkentés módjai lehetnek: a talaj állapotához alkalmazkodás eszközválasztékának bővítése (alpművelő eszközök elmunkáló elemekkel), kis vízvesztő felszín kiképzése, túl nedves talajon a kisebb károkozó eszközök használata, száraz talajon a mélyebb bolygatás egymenetes elmunkálása, és szerkezet kímélő porhanyítók alkalmazása.



4.7. ábra. Védtelen, vízvesztő felszín – hántatlan tarló



10. *Alkalmazkodóképesség hiánya.* A gazdálkodók klímaváltozásra felkészülésének halogatása, a kármegelőzés elmulasztása kockázati forrás. Sajátos gazdálkodói hozzáállás a klímaváltozás elutasítása, illetve a veszteségek időjárásra hárítása. A felvilágosító munkát tovább kell folytatni. A *klímakár-kockázatok közé sorolható művelési szokások* a következők:
- a) Vízesztő tarlóművelés alkalmazása vagy a tarlóművelés hiánya.
  - b) Védtelen felszín hagyása a nyári hónapokban (4.7. ábra).
  - c) Nagy vízesztő felszín kialakítása június-augusztus hónapokban.
  - d) Vízesztést fokozó rögzös művelés (szántás, lazítás, tárcsázás) bármikor.
  - e) Vízforgalmat gátló tömör réteg kialakítása és vastagítása.
  - f) Talpképző eszköz (hagyományos tárcsa) alkalmazása szántás és lazítás elmunkálására.
  - g) A magágy alatti réteget tömörítő eszközök használata a tavaszi vetések előtt.
  - h) A talajok elporosítása az alkalmatlan eljárások ismétlése során.
  - i) A tarlómaradványok eltávolítása (tüzelésre), a reciklikáció megszakítása.
  - j) Sekélyművelés alkalmazása nem ismert talajállapot esetén.

## A talajhasználat és a klímahatások közti kapcsolat

A földművelési munkacsoport a kísérletekben és a monitoring-területeken folytatott mérések (1526) alapján a következő *indikátorokat* alakította ki, amelyek alapján a KLIMAKKT program meteorológiai és modellezési csoportjai képesek a talajállapot kvantitatív összefüggéseinek scénáriók, illetve adatbázisok szerinti összevetésére.

1. A *gyökérszóna lazultsága* a talaj 0–50 cm mélységének állapotát, a nedvességforgalmat gátló tömör záróréteg jelenlétét vagy hiányát mutatja, és utal a várható kockázatra.

A tömör állapot bármely idényben kockázatos. A vízzáró, tömör rétegtől mentes talajállapot alkalmas a felszínre érkező csapadék befogadására, a tároló rétegbe vezetésére; a víztárolás esélye, a nedvesség akadálytalan áramlása a mélyebb rétegekből a gyökérszónába aszályos idényben is növeli a növények túlélési, termésképzési esélyeit.

2. A *nedvességforgalmat gátló tömör réteg helye* a kialakulás okáról (művelési vagy taposási kár eredetű) és a várható kockázatról tájékoztat.

Minél közelebb van a káros talpréteg a felszínhez, annál sekélyebb gyökerezést enged meg a növénynek, és a vízfelvételi zóna mélysége hasonlóan elégtelen. A lazult réteg mélysége megegyezik a nedvesség tárolására, illetve a növény vízfelvételére alkalmas mélységgel.

3. A *nedvességforgalmat gátló tömör réteg kiterjedése* a kár súlyosságáról és a várható kockázatról tájékoztat.

A vastag vízzáró réteg nagy kockázat: tartós vízpangást ugyanúgy előidéz, mint súlyos aszálykárt, 40–45%, vagy ennél nagyobb termésvesztést idézhet elő. Az 5–10 mm tömör réteg szerencsés esetben a vetés utáni érkező csapadék

hatására átázik, a gyökérzet áthatol rajta. A közepesen vastag – 40–50 mm – tal-préteg a nedvességforgalom gátlása folytán 5-6 hőségnap alatt közepesen súlyos szemszorulást okozhat kalászosoknál (2008).

4. A talaj agronómiai szerkezete, vagyis a rög (> 10 mm), a morzsa (0,25–10 mm) és a por (< 0,25 mm) aránya (a természetileg rossz szerkezetű talajok kivételével) adott időintervallumban a talaj szerkezetét érintő folyamatok (morzsásodás, rögösödés vagy porosodás) mellett a klímaérzékenységről is tájékoztat. Amikor a por > 25%, az degradált, érzékeny talajra, ellenben > 75-80%-os morzsaarány klíma-stressztűrő állapotra utal.
5. A talajfelszín takartsága (zúzott tarlómaradványokkal), védőréteg jelenléte vagy hiánya szélsőséges időnyben felhasználható a várható kockázat becsléséhez. Aszályos időszakban a nedvességvesztés csökkentését, csapadékos periódusban a felszín védelmét befolyásolja. A takaratlan talaj hő- vagy csapadékstressznek egyaránt kitett, a szerkezetkárosodás veszélye fennáll. A kockázatsökkentés érdekében ajánlott minimum arányok: nyári betakarítás után 40–45%, alapozó művelés után 20–25%, vetés után 10–15%.
6. A nyári talajművelés (bolygatottság) módja és a felszín kiképzése nyomán megbecsülhető az őszi vetéskor várható klímakockázat (4.1. táblázat)

4.1. táblázat. A nyári talajművelés és a várható klímakockázat közti összefüggés

Talajművelési eljárás	Felszínelmunkálás végi vetéskor	Talaj vízvesztése	Klímakockázat nyár
Mélyszántás	van	közepes	közepes
	nincs	nagy	erős
Mélylazítás	van	közepes	közepes
	nincs	nagy	erős
Mulcshagyó művelés	van	csekély	kicsi

7. A talajhasználat talajra folyamatosan gyakorolt – szerkezetkímélő vagy -romboló, vízkímélő vagy vízvesztő – hatásából a klímakockázatra lehet következtetni (4.2. táblázat).

4.2. táblázat. Talajhasználat és várható klímakockázat összefüggései

A talajhasználat elemei	A talajhasználat hatása hosszabb időszak alatt	Kockázat
A művelés, a növényi sorrend, a trágyázás, a növényvédelem harmóniája	Folyamatosan kíméli a talaj szerkezetét, biológiai életét, nedvességét, szerves anyagát	kicsi
A növényi sorrend, a trágyázás, a növényvédelem hatása kedvező, a művelés kedvezőtlen	A talajszerkezet, a biológiai élet, a nedvesség és szerves anyag kímélése egy-egy időnyben elmarad	közepes
Diszharmónia a talajművelés, a növényi sorrend, a trágyázás és a növényvédelem között	Rontja a talaj szerkezetét, biológiai életét, növeli a nedvesség- és szervesanyag-vesztéséget	nagy

8. A talajállapot-hiba súlyossága befolyásolja a felszíni vízpangás és aszálykár arányát (4.3. táblázat). Amennyiben vízmozgást gátló réteg nincs a talajban, a felszíni vízpangás tartama rövid. A talajkolloidok lemosódása a vízzáró rétegig tovább növeli a tömörödés súlyosságát. Mivel a tárcsatalp-tömörödés fölött sekély a vízbefogadó réteg, a vízpangás tartama hosszabb, kihatása súlyosabb, mint az eketalp-tömörödésé.

4.3. táblázat. Talajállapot-hiba jelenléte, a felszíni vízpangás és aszálykár összefüggései

A talajtömörödés	Felszíni vízpangás	Aszálykárveszteség %
Nincs	heves esők után, rövid ideig	< 5
A táblák taposott sávjain	nagyobb esők után, napokig	5–10
Eketalp-tömörödés 25 cm alatt az egész táblán	a lazult réteg vízzel telítődése után, változó ideig	10–20
Tárcsatalp-tömörödés 15 cm alatt az egész táblán	a lazult réteg vízzel telítődése után napokig	20–30
Eke/tárcsatalp tömörödés az egész táblán, taposási károkkal	a lazult réteg vízzel telítődése után napokig, a terhelt sávokon hosszú ideig	> 40

A talajállapot-indikátorok ismerete és alkalmazása a növénytermesztésben a klímakár-csökkentés alapvető feladataihoz tartoznak.

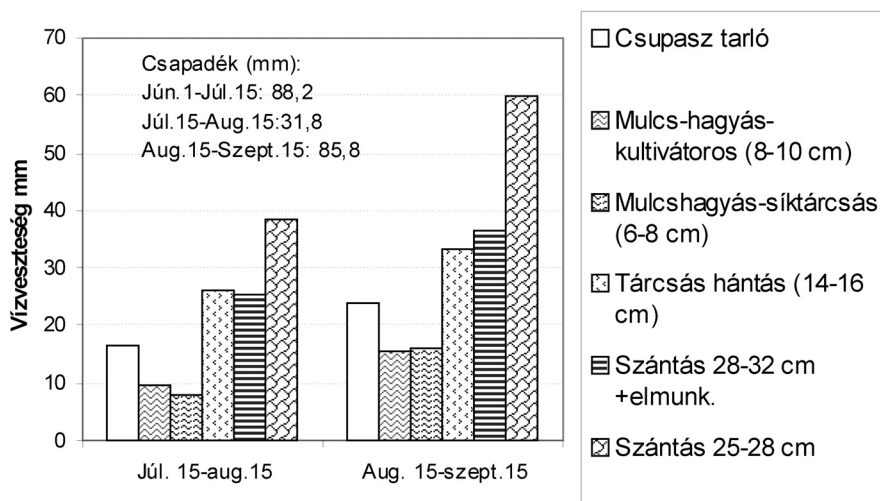
## A vízmérleg és a talajállapot összefüggései

A klímakísérletekben összefüggést találtunk a talaj állapota, felszíne és a 0–60 cm rétegre jellemző nedvességforgalom között. Az adatok, szélsőséges időszakban, a sekély, mulcshagyó tarlóművelés nedvességekímélő, és a mély, elmunkálatlan (nagy felületet hagyó) művelés vízvesztő hatását igazolták.

A 2007. évben újólag érdemi különbség alakult ki az elmunkált és elmunkálatlan szántás nedvességében (4.8. ábra). Az első időszakban az elmunkálatlan talajból 13 mm-rel több víz távozott el. A második időszakban 23 mm volt a különbség, (86 mm csapadék esetén).

A 2008. évi tarló – klíma kísérlet első napján azonos nedvesség két hőségnap után 2–4 mm-rel volt több a sekélyen művelt és takart talajban, mint a mélyen bolygatott, nyitva hagyott változatokban. A 3–11. nap alatt hullott 168 mm csapadék újra kiegyenlítette a különbségeket. Az újabb hőségnapok alatt ismételten a sekélyen bolygatott és takart talaj nedvességekímélő hatása igazolódott. Megállapítható, a csapadékos és a szárazabb időszakok váltakozása, a több csapadék sem csökkenti a nyári nedvességekímélés fontosságát.

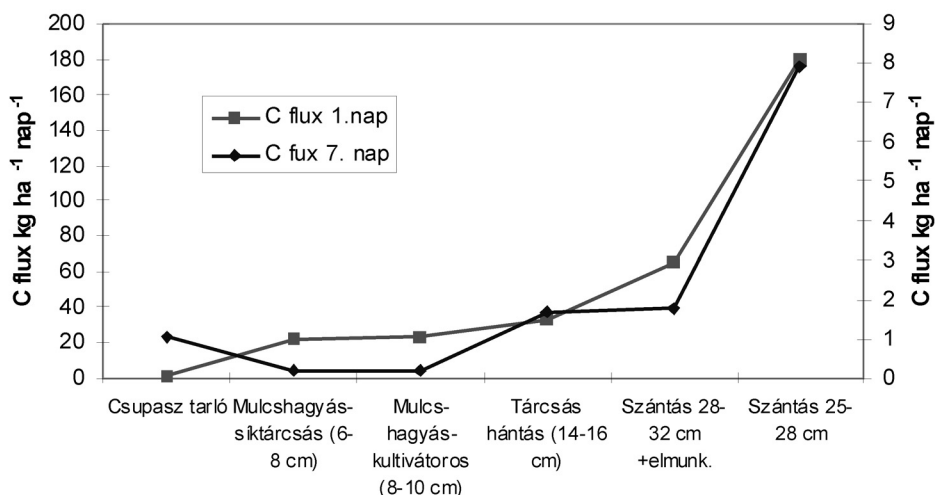
A nedvességkülönbségek szembetűnően mutatkoztak meg a földigiliszták számában: a takart talaj 0–30 cm-es rétegében 10–15 db m<sup>-2</sup>, a károsodott talajban 0–2 db m<sup>-2</sup>. Míg az előbbi esetben kifejlett és új egyedek is előfordultak a talajban,



4.8. ábra. A talaj nedvességvesztése eltérő tarlóművelés esetén (Hatvan, 2007)  
 Nedvességmérleg (Szász és Tőkei, 1997 nyomán)

az utóbbinál csak új egyedek (a kifejlett egyedek vélhetően elvándoroltak a kedvezőbb állapotú talajba).

Összefüggést találtunk a víz- és a szénvesztés művelési körülményei között (4.9. ábra). Az első napon a sekélyen bolygatott, lezárt és takart felszíni talaj szénvesztése  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  volt, az elmunkált szántásé ennek közel háromszorosa, az elmunkálatlané ennek kilencszerese. A 7. napon a szénkímélő változatok valóban megfeleltek ennek az elvárásnak, ám a bolygatatlan és takaratlan talaj nem. A sekélyen bolygatott és lezárt felszínt hagyó változatokban a flux-érték visszaesett, a nyi-



4.9. ábra. A talaj (tiszt) szénvesztésének trendje eltérő tarlóművelés esetén (Hatvan, 2007)



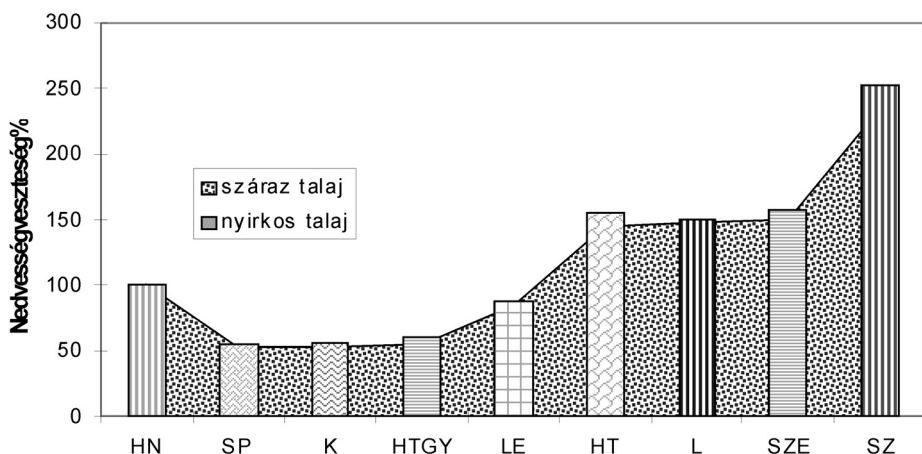
tott felszínű, tárcsázott talajban gyakorlatilag változatlan maradt (később, nagy esőt követően esett vissza). Az elmunkált szántásra jellemző flux-érték a 7. napon 30 körülire változott, megegyezett a tárcsázott talajéval. Ellenben a mélyen szántott, elmunkálatlan talajon gyakorlatilag nem változott.

A megelőző és az utolsó év vizsgálatainak nyomán kiderült, hogy a talaj szén-dioxid-kibocsátása sokkal inkább függ a felszínképzéstől, mint a bolygatás mélységétől. Ilyen alapon az elmunkálatlan tarlóművelés és mélyszántás a gyakorlatban való elterjedtsége okán ad okot aggodalomra, mivel közvetve és hosszabb időszak alatt hozzájárul a talaj szervesanyag- és szénmérlegének romlásához, ezáltal a klíma érzékenységeinek növekedéséhez.

## A műveléstechnológiai válaszadás és feltételei

Az előzőekben írtak nyomán leszögezhető, hogy művelés eredetű talajállapot-hibák a klímakár-kockázatot növelő tényezők közé sorolandók. A művelés eredetű állapothibákat azonban szerencsésen, célzott műveléssel ki lehet javítani. A műveléstechnológiai válaszadás lehetőségeit az alábbiakban, magyarázatokkal kiegészítve soroljuk fel.

1. A tarlóművelések mélységének, módjának és idejének felülvizsgálata kívánatos, tekintettel a kalászosok szalmájának eltávolítása (energianyerési céllal) miatt előállt helyzetre. A szalma bálázása, a bálák gyűjtése és lehordása nehezen javítható taposáskárokat, nedvességvesztést (4.10. ábra), elgyomosodást von maga után. A szalma manipulálása miatt a tarlók művelése 3–8 hét késedelmet szenved. A nedvesség elvesztegetése a talaj művelhetőségének romlását, a mű-



4.10. ábra. Talajnedvesség-vesztés eltérő tarlóművelés esetén. Bolygatatlan takart talaj: 100%.  
 Jelzés: HN: bolygatatlan, csupasz. Művelés + felszínzárás: SP\*: síktárcsás, K\*: kultivátoros, HTGY\*, hagyományos tárcsás, LE: lazításos, SZE: szántásos. Művelés nyitott felszínt hagyva: HT: hagyományos tárcsás, L: lazításos, SZ: szántásos; \*: mulcshagyásos mód

- velés energiaigényének növekedését vonja maga után. Paradox helyzet, mivel az energianyeres érdekében végzett beavatkozások új energiavesztéseket és új kockázati tényezőt generálnak. A kockázatcsökkentés feltétele a szalma meg-hagyása talajtakarónak, majd szervesanyag-utánpótlási forrásnak.
2. A talajállapot-ismeret hiánya indokolatlan biztonságérzetet kelt, a természet-sre alkalmasság túlbecsülését, ezért *rendszeres talajállapot-ellenőrzésre van szük-ség* a nagy értéket képviselő növények tábláin, illetve az utóbbi 5 évben belváz és aszály sújtotta területeken. A feladathoz könnyen elsajátítható módszerek áll-nak rendelkezésre (botszonda, ásópróba, művelhetőségpróba). Ezeket a módsz-ereket 2006 óta széles körűen tanítjuk.
  3. A *talajállapot-hibák felismerése* végső soron a várható kockázat ismerete. Az időben, pl. a tarló talajában felismert hiba alpműveléssel még javítható, a magágykészítés után feltárt hiba csak a következő idényben.
  4. A hibák többsége az alkalmatlan nedvességnél végzett művelési beavatkozások során keletkezik, más része kényszerhelyzetekben (pl. a vetésidő sürgetése). A hibamegelőzés érdekében ajánljuk a *száraz vagy nedves talajon a minimális kárt okozó művelőeszközök alkalmazását*. A nedvességgel és a talaj művelhetőségév-el összefüggő kockázatot az ún. művelhetőségpróbával lehet felismerni.
  5. A gyökérszónában, művelési hibaként kialakult tömörödés gátolja a nedvesség befogadását, ugyanúgy a mélyebb rétegekből a gyökérszónába való feljutását. Ezért a *víz záró rétegtől mentes talajállapot fenntartása vagy kialakítása* min-imálisan 25–28 (kalászosok, borsó, repce alá), maximálisan 40–45 cm (kukori-ca, napraforgó alá) mélységig javasolható.
  6. A *csapadékszelsőségek a nedvesség tárolásának folyamatosságát, a minél jobb vízbefogadás és minél kisebb veszteség elérését kényszerítik ki*. A befogadást segítő lazultság kialakítása bármely idényben, a kis vízvesztő felület kiképzése elsősorban a nyári alpműveléseknél kívánatos. Ugyanakkor az enyhébb ősz és tél a nedvességkímélés kiterjesztését okszerűsíti az őszi alpműveléseknél.
  7. A talajok szervesanyag-tartalma fontos tényező a talaj klímaérzékenységének mérséklésében. Okszerűtlennek tartjuk a szervesanyag-utánpótlás elhagyását; a szalma felhasználását energiának (4. táblázat) olyan helyzetben, amikor az istálló-trágyázás és zöldtrágyázás alkalmazása is korlátozott. A megoldást a *szervesanyag-és szénkímélő művelési rendszerek alkalmazása kínálja*, amelynek fontos fázisai a tarlómaradványok zúzása, szétterítése, mulcsolása és a talajba munkálása.
  8. A klímakár csökkentése, egyúttal a termésstabilitás megtartása érdekében *előírás szerinti trágyázás, illetve szervesanyag-reciklikáció* alkalmazása kívánatos.
  9. A talajszerkezet védelme a hőstressztől, az elporosodástól, eliszapolódástól és kérgesedéstől szükségessé teszi a *felszín takarását minél hosszabb ideig*. Előnyt kell kapniuk a mulcshagyó – szerkezet-, nedvesség- és szénkímélő – művelési módszereknek.
  10. A klímaváltozás általában kedvez a gyomok, kártevők és kórokozók túlélésének, ezért a *talajművelés, a növényi sorrend és a kémiai védelem kombinálása* oksz-erű. Fontos lépések a kár felismerése, megelőzése és a hatásos korlátozás.

4.4. táblázat. Szénmérlegszámítás őszi búzát követő őszi káposztarepce esetére (2008)\*

Szén bevétel, t/ha		Talajművelés (szénvesztő)	Szénvesztőség t/ha/idény	Talajművelés (szénkímélő)	Szénvesztőség t/ha/idény
Szalma	5,0	Tarlóhántás rossz	0,59–0,64	Tarlóhántás jó	0,33–0,41
<i>Szalma széntartalma</i>	2,0	Perzselő gyomirtás	0,02–0,06	Perzselő gyomirtás	0,02–0,06
Gyökér	2,5	Szántás 22–25 cm, nyitott	2,58–2,63	Kultivátoros alap- művelés 32–35 cm	0,80–0,97
<i>Gyökér széntartalma</i>	1,0	Elmunkálás tárcsa + henger	0,32–0,39	Crossboard simító + henger alkalm.	0,006–0,008
		Magágykészítés 1x/2x	0,044–0,080	Magágykészítés és vetés	0,029–0,037
		Egyéb gépmozgások	0,152–0,323	Egyéb gépmozgások	0,152–0,323
<b>Összes szénbevétel</b>	<b>3,00</b>	<b>Szénvesztőség</b>	<b>3,71–4,12</b>	<b>Szénvesztőség</b>	<b>1,34–1,81</b>
<b>Egyenleg</b>			<b>–0,71/1,12</b>		<b>1,66/1,19</b>
Gyökér és tarlócsonk	1,55	Minősítés	Közepes kockázat: szénfogyás		Szén- és humuszcsera- podás
<i>széntartalma</i>	0,62				
<b>Egyenleg</b>			<b>–3,1/3,50</b>		<b>–0,72/1,19</b>
		Minősítés	Nagy kockázat: szénfogyás		Közepes kockázat: szénfogyás

\* Megjegyzés: A zúzott szalma talajba juttatása esetén a szénkímélő művelés egyenlege kedvező, a szénvesztő művelése negatív. Ha a szalmát eltávolítják, a szénkímélő művelés nyomán is csekély remény van a jobbításra. A szénvesztő műveléssel a talaj fontos minőségértékei (humusztartalom, hordképesség, víztartó képesség, művelhetőség) kerülnek veszélybe.

## A megváltozott művelési technológiák hatásainak agroökológiai elemzése

Agroökológiai szempontból a talaj olyan élőhely, amelyet az ember fizikai beavatkozásokkal (műveléssel), különböző biológiai igényű és utóhatású növények termesztésével tudatosan befolyásol. Mivel a talajminőség-javítás a klímakár-mitigáció alapja, a kárcsökkentésre alkalmas művelés jótékony hatással van a talaj minőségére, beleértve a nedvességforgalmát, biológiai tevékenységét és megújulásra való képességét. Az alábbiakban a kárcsökkentésre adaptált technológiák alapjait és azok agroökológiai hatásait foglaljuk össze.

## A megváltozott művelési technológiák alapjai

1. *Talajállapot (kockázat) ismeret*; a lazult réteg mélysége, a várható kár – kicsi, közepes, nagy – szintjének felmérése
2. *Vízforgalmat akadályozó tömör rétegtől mentes állapot létrehozása vagy megtartása* alkalmazkodó eljárásokkal
3. *Tömörödési kár esetén megfelelő mélységű átlazítás*, vízvesztő felület kiképzése nélkül
4. *Kis vízvesztő felület kialakítása*, bármely időszakban (kivéve az erózió veszélyeztette talajok)
5. *Felszíntakarás*, bármely időszakban; talaj- és nedvesség-védelem idényen kívül, hőstressz-csökkentés a tenyészidőben.
6. *Mulcshagyo tarlóművelés*, a védelmet nyújtó takaróanyag megtartása (ellentétes a szalmaerőművek törekvéseivel)
7. *Szervesanyag-kímélés* bármely művelésnél és idényben (a szénvesztő művelések kerülése)
8. *Talajszerkezet-védelem* bármely művelésnél és idényben
9. *Alkalmazkodó* (kármegelőző és -csökkentő) *alapozó művelés*, és minél kisebb kárt okozó eszközök használata
10. *A magógykészítés és vetés ésszerűsítése*: egymenes mód a 12-48 cm sortávolságra vetendő növényeknél, kis időeltolódással való alkalmazás széles sorközi növényeknél

## Agroökológiai hatás a talajra

- Kedvező  
(kockázatismeret)
- Kedvező (kármegelőzés és -javítás)
- Szabályozott aerob viszonyok
- A kiszáradás veszélyének csökkenése
- A nedvesség és a biológiai élet kímélése
- A felszínkárosodás megelőzése
- Jobb humuszmérleg és hordképesség
- A degradációs károk megelőzése
- Mélyreható károk megelőzése
- A nedvesség és a talajszerkezet kímélése

Klíma-mitigáció művelési szempontból sajátos feltételek teljesülése révén valósulhat meg, e feltételek között legfontosabb a talajminőség-javulás. Agroökológiai szempontból legfontosabb előnyök a mélyreható, nehezen javítható károk és a talaj kiszáradásának megelőzése, a nedvesség, a talajszerkezet, a biológiai élet és a szerves anyag megkímélése.

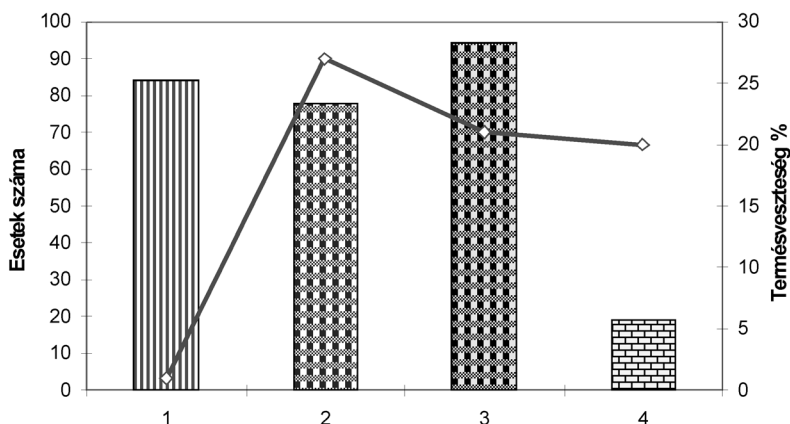
## Klímaszcenáriókhoz adaptált talajművelési technológiai javaslatok

Az előrejelzés (Vö. Bartholy et al., 2008) szerint a 21. század második évtizedétől térségünkben *enyhe és csapadékos tél, meleg és száraz nyár*; szélsőséges csapadékeloszlás, több szeles nap és vihar valószínűsíthető. A klímaváltozáshoz adaptált talajművelési válaszokat az alábbiakban mutatjuk be.

1. Az *enyhe, csapadékos – és szeles – tél* következményei: több tárolandó csapadék (+ hatás), több talajállapot-hiba kései műveléskor (– hatás), fagyhatás elmaradása, esetlegessége (+–) és a nagyobb vízveszteség (–). A *csapadékos téli*



félév a talaj nedvességtároló képességének fenntartására és fokozására irányítja a figyelmet. A tavaszi vetésű növények biztonságos termesztéséhez szükség van az elővetemény után a talajban maradt nedvesség megtartására is. Alapműveléskor a víz talajba jutását elősegítő, és minél kisebb idényen kívüli veszteséget előidéző állapot kialakítása ajánlott. A klímahelyzet a vízbefogadásra és tárolásra képes, tömör rétegtől mentes talajállapot nélkülözhetetlenségét támasztja alá. Ennek az elvárásnak az őszi szántások minősége csak részben felel meg (4.11. ábra).



4.11. ábra. A szántások tényleges minősége vetés után (2000–2007, n = 256). 1: jó, 2: lerontott simítózáskor, 3: lerontott a 10–16 cm rétegben, 4: magágykészítéskor lerontott

A megoldás az aktív gyökérfőzónamélység – legalább 40 cm mély – megtartása, illetve kialakítása (lazítóval, kultivátorral) a nyári szárazság minél kisebb termésvesztéssel való átvészélése érdekében.

A fagyhatás hiánya miatt a degradált talajokon tavasszal kevesebb szélkár valószínűsíthető. Ugyanakkor az ősszel hantosan szántott, nem degradált talajokon nem várható átrepszés, a > 300 mm hantméretnél megfelelő átázás sem. Ezek a körülmények, továbbá az enyhébb, széles telek valószínűsége az alapművelés és elmunkálás kombinálását, a hatékony rögzítést, a szerkezetrombolás megelőzését helyezik előtérbe.

2. A meleg és száraz nyár a vízvesztő talajművelés elhagyására, a nedvesség- és szénkímélés szükségességére irányítja a figyelmet. Nem ajánlott művelési szokások, mivel fokozzák a víz és a szén-dioxid tala-



4.12. ábra. Aratáskor zúzott, szétterített szalma (balra), mulcsahagyó hántás (jobbára)

jból való kiáramlását: 1. mély és elmunkálatlan, vízvesztő tarlóművelés; 2. a talaj védőréteg nélkül hagyása; 3. nyári szántás vagy talajlazítás elmunkálás nélkül. *A kármegeelőzés nyári művelési fogásai a következők:* 1. mulcshagyó, sekély tarlóművelés a nyár végéig betakarított növények után (4.12. ábra); 2. felszíntakarás zúzott tarlómaradványokkal; 3. a talaj adott nedvességéhez adaptált nyári alpművelés és felszínelmunkálás; 4. tömör, vízzáró réteg esetén a talajállapot javítása lazítással.

Az energiaárak szintje a nyár végi és őszi vetések sekélyebb alpművelését helyezi előtérbe, a klímakárcsökkentés kényszere pedig a talpmentes állapot elérését. Ezért az egy menetben lazító, mélyítő, porhanyító eljárások és az egymenetes maggyekészítés és vetés alkalmazása lesz előnyösebb. A nyári szélsőséges csapadéeloszlás és az *intenzív esők* valószínűsége a talaj vízbefogadó képességének fenntartására, javítására, tömörödéstől mentes állapot megőrzésére és kialakítására intenek.

A *szél- és vihkarakok* enyhítése a talajszerkezet kímélését, a talajbolygatás ésszerűsítését, a felszíntakarás idejének kitolását (vetés után is) teszik szükségessé. A rögzösödés és porosodás megelőzésének fontos lépései a rögzképző műveletek kerülése, a rögzök porhanyítását minimális porosítással végző eszközök használata.

## **A talajminőség-javító, klímaérzékenység-enyhítő talajhasználat feladatai**

Kísérleti és monitoringvizsgálataink szerint *a talaj-klímaérzékenység csökkentése* összetett feladat, magában foglalja a talaj lazult állapotban tartását, ~ 40 cm mély gyökérszóna- optimummal, műveléskor a nedvesség- és szénvesztést minimálisra csökkentő felszín kiképzését (többszörmenetek nélkül), vízbefogadásra képes állapot tartását legalább a tenyészidő közepéig (összefügg a talaj hordképességével, szervesanyag-tartalmával), továbbá a felszín takarását minél hosszabb ideig. A védett felszín mérsékelni képes a víz- és a szén-dioxid kiáramlását, illetve hatékonyan csökkenti a csapadék- és hőstresszt. A talaj szerkezete bármely időnyben és művelés esetén védelemre szorul (4.13. ábra). Fontos elvárás a talaj termékenységének fenntartása és a tarlómaradványok reciklikációja. A mechanikai, biológiai és kémiai gyomkorlátozás kombinálása a minél kevesebb talajbolygatás megelőzése érdekében kívánatos.

A felsoroltak tesztelését a talajminőség – klíma kísérletben végeztük el. A szerves anyag, a biológiai tevékenység és morzsáság javítása érdekében a kísérlet kezdetétől 80 és 91 t ha<sup>-1</sup> – a beszámolási időszakban 22 és 30 t ha<sup>-1</sup> – biomasszát (tarlómaradványt) juttattunk vissza a talajba, és kerültük a szénvesztő beavatkozásokat. A talaj 0–40 cm rétegének eredeti humusztartalma 2003-ban 2,835% volt, amely az 5. évre átlagosan 3,270%-ra növekedett, művelési kezelésként matematikailag is igazolhatóan ( $p < 0,01$ ). A humusztartalom növekedésének sorrendje a művelési kezelésekben: direktvetés > mulcshagyó kultivátoros művelés > szántás = lazítás > lazítás > tárcsás művelés. A morzsáság tekintetében a művelések között legjobbnak a mulcs-



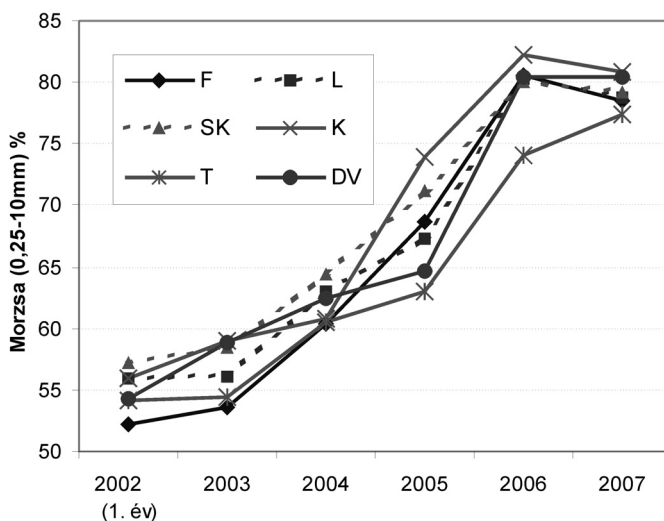
4.13. ábra. A morzsás talaj klíma érzékenysége kicsi

hagyó kultivátoros bizonyult, utána a direktvetés, majd a lazítás és a szántás következett (4.14. ábra). Ez a sorrend a klímaérzékenység alapján kijelölt sorrenddel is összhangban van. A szántás kedvező helye az alkalmazási módnak köszönhető (elmunkáló elemmel járattuk az ekét). A szántott talaj egyáltalán nem mutatott klímaérzékenységet. Hasonló mondható el a gyökérszóna-javító lazításról. Ilyen lehetőséggel a gyakorlatban is élni lehet, feltétele a szántás és a lazítás módjának gyökeres megváltoztatása, illetve a tarlómaradványok reciklikációja.

*Jelmagyarázat:*

F: forgatás, L: lazítás, SK,  
K: mulcshagyó kultivá-  
toros művelés,  
T: mulcshagyó tárcsás  
művelés,  
DV: direktvetés  
A morzsáság kis vissza-  
esése széles sorközü  
növény alatt (kukorica)  
következett be.

SZD%%: évek: 2,065;  
művelések: 1,996



4.14. ábra. A morzsáság tendenciája (Hatvan, 2002–2007)

A művelési kísérletek és a talajállapot-monitoring szerint *tíz fő feladatban jelöltük meg a klímakárenyhítés talajhasználati feladatait, amelyek*

- a) nedvességhímélő tarlóművelés alkalmazása;
- b) a bolygatott talajok takarása a nyári hónapokban;
- c) kis vízvesztő felszín kialakítása június-augusztus hónapokban;
- d) vízvesztést csökkentő alpművelés alkalmazása időnytől függetlenül;
- e) a vízforgalmat gátló tömör réteg megszüntetése lazító műveléssel;
- f) a talpképző eszközök mellőzése alpművelés-elmunkáláskor, különösen nedves talajon;
- g) a rögzösdést és porosodást előidéző körülmények megelőzése;
- h) a talaj tápanyag-ellátottságának és az előírásoknak megfelelő trágyázás;
- i) szervesanyag-reciklikáció, a tarlómaradványok helyben tartása, talajba juttatása;
- j) a kártevők, kórokozók és gyomok korlátozása mechanikai és kémiai módszerekkel.

## Irodalomjegyzék

- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–SZÉPSZÓ G. (2008): A PRUDENCE projekt eredményei. Előadás, Budapest, 05.20.
- BIRKÁS, M. (2008): Scientific measurement methods in soil tillage experiments. Gödöllő (under edition).
- BIRKÁS M.–BENCsik K.–STINGLI A. (2007): A talajminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben. Acta Agronomica Ovariensis, 49. 2. 135–140. pp.
- BIRKÁS M.–JOLÁNKAI M.–GYURICZA Cs.–PERCZE A. (2004): Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. Soil & Till. Res. 78, 2: 185–196. pp.
- BIRKÁS, M.–JOLÁNKAI, M.–KISIC, I.–STIPESEVIC, B. (2007): Soil tillage needs a radical change for sustainability. Environmental Management; Trends and Results (Eds. Koprivanac, N., Kusic, H.), Inter-Ing, Zagreb, ISBN 978-953-6470-34-1, 147–152. pp.
- DARÓCZI S. (2005a): FIELD SCOUT TDR 300 Talajnedvesség mérő, Szarvas, kézirat, 8 p.
- DARÓCZI S. (2005b): Talajtömörségmérő műszer. Szarvas, kézirat, 4 p.
- JUG, D.–STIPESEVIC, B.–JUG, I.–SAMOTA, D.–VUKADINOVIC, V. (2007): Influence of different soil tillage systems on yield of maize. Cereal Research Comm. 35, 2: 557–560. pp.
- KALMÁR T.–BIRKÁS M.–STINGI A.–BENCsik K. (2007): Tarlóművelési módszerek hatékonysága szélsőséges időnyekben. Növénytermelés, 56. 5–6. 263–279. pp.
- KOÓS, S.–FARKAS Cs.–NÉMETH T. (2005): Carbon-dioxide emission from Calcareous Chernozem soil. Cereal Research Communications, 33, 1: 129–132.
- KVATERNJAK, I.–KISIC, I.–BIRKÁS, M.–SAJKO, K.–SIMUNIC, I. (2008): Soil tillage as influenced by climate change. Cereal Research Comm. 36. Suppl. 1203–1206. pp.
- LA SCALA, N. JR.–BOLONHEZI, D.–PEREIRA, G.T. (2006): Short-term soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. Soil & Till. Res. 91, 241–248. pp.
- LÁNG I.–CSETE L.–JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHA–VA jelentés. Szaktudás Kiadóház, Budapest
- SOANE, B. D. (1990): The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. Soil & Till. Res., 16, 179–201. pp.
- SZÁSZ G.–TÓKEI L. (1997): Meteorológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 411–658. pp.
- TÓTH E.–KOÓS S. (2006): Carbon-dioxide emission measurements in a tillage experiment on chernozem soil. Cereal Res. Comm. 34, 1: 331–334. pp.



- TÓTH, T.–FÓRIZS, I.–KUTI, L.–WARDELL, J. L. (2005): Data on the elements of carbon cycle in a Solonetz and Solonchak soil. *Cereal Research Communications*. 33, 1: 133–136.
- VÁRALLYAY, G. (2007a): Soil resilience (Is soil a renewable natural resource?) *Cereal Research Communications*. 35, 2: 1277–1280. pp.
- VÁRALLYAY, G. (2007b): Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary. *Environmental Management; Trends and Results* (Eds. Koprivanac, N., Kusic, H.), Inter-Ing, Zagreb, ISBN 978-953-6470-34-1, 133–146. pp.
- ZSEMBELI, J.–KOVÁCS, G. (2007): Dynamics of CO<sub>2</sub>-emission of the soil in conventional and reduced tillage systems. *Cereal Res. Commun.* 35, 2: 1337–1340. pp.